

Implementación de aprendizaje significativo para la enseñanza de controladores lógicos programables

Implementation of meaningful learning for teaching programmable logic controllers

Edgar Uxmal Maya Palacios*
emaya@utaltamira.edu.mx

Felipe Caballero Briones**
fcaballero@ipn.mx

Jose Luis Ocampo Casados*
jocampo@utaltamira.edu.mx

*Universidad Tecnológica de Altamira, México,
**Instituto Politécnico Nacional, Cicata Altamira, México

Recibido: 11/10/23 **Aceptado:** 20/11/24

Palabras clave: PLC, aprendizaje significativo, sistemas automatizados, métodos pedagógicos, simulación y programación.

Keywords: PLC, meaningful learning, automated systems, pedagogical methods, simulation and programming.

Resumen

La Universidad Tecnológica de Altamira (UTA) incluye en sus programas de estudio el manejo de controladores lógicos programables (PLC), esenciales para la formación de mecatrónicos en sistemas automatizados industriales. Este estudio compara dos enfoques pedagógicos: el aprendizaje tradicional y el método de aprendizaje significativo, definido como el proceso en el que los estudiantes organizan y estructuran su conocimiento al establecer conexiones relevantes entre conceptos. La metodología estableció aplicar ambos enfoques en grupos experimentales, evaluando su impacto mediante pruebas de comprensión y desempeño. Los resultados evidenciaron que el aprendizaje significativo mejora la comprensión y el rendimiento académico, lo cual subraya su potencial para optimizar la enseñanza de PLC en la educación superior.



Abstract

Altamira Technological University (UTA) includes the use of programmable logic controllers (PLCs) in its academic programs, which are essential for training mechatronics professionals in industrial automation systems. This study compares two pedagogical approaches: traditional learning and meaningful method, defined as the process by which students organize and structure their knowledge by making relevant connections among concepts. The methodology included the application of both approaches in experimental groups, evaluating their impact through comprehension and performance tests. The results proved that meaningful learning improves comprehension and academic performance, highlighting its potential to optimize PLC teaching in higher education.

Introducción

El aprendizaje significativo es un concepto desarrollado por el psicólogo y educador estadounidense David Ausubel en la década de 1960. La teoría de Ausubel se basa en la idea de la estructura cognitiva, que representa la organización de los conceptos en la mente de un individuo (Castro *et al.*, 2022). Ausubel destaca que el aprendizaje significativo ocurre cuando los nuevos conceptos se relacionan de manera relevante y lógica con el conocimiento existente en la estructura cognitiva del individuo (Moreira, 2020; López y Soler-Gallart, 2021).

Jean Piaget subraya que el aprendizaje significativo implica la construcción activa del conocimiento (Abad, 2022). Los humanos relacionan y apropian nuevos conceptos en sus estructuras cognitivas existentes, lo que promueve un aprendizaje duradero. Según la teoría de Piaget, el proceso de construcción activa del conocimiento implica dos procesos clave: asimilación y acomodación (Bravo *et al.*, 2022). La asimilación es la incorporación de nueva información en las estructuras cognitivas existentes del individuo (Azar, 2023). La acomodación consiste en ajustar las estructuras del conocimiento existente para integrar la nueva información.

Uno de los estudios más citados sobre este tema es el de Novak y Gowin (1984), donde los autores exploran cómo el aprendizaje significativo puede ser aplicado a través de diferentes estrategias de enseñanza, entre ellas el uso de mapas conceptuales y la relación de nuevos conceptos con experiencias previas de los estudiantes.

Este enfoque promueve una mayor participación, autonomía y relevancia en el proceso de aprendizaje. A medida que las universidades adoptan herramientas digitales y tecnologías educativas, el aprendizaje significativo también ha evolucionado en ese entorno (Halanoca, 2024). El aprendizaje significativo fomenta una comprensión profunda de los conceptos en lugar de una memorización superficial (Ferreira *et al.*, 2019). El aprendizaje se vuelve real si se integra con experiencias del mundo real, ya que permite conectar los conceptos académicos con situaciones prácticas y aplicables (National Academy of Engineering, 2005: 71).

Por otro lado, los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos digitales electrónicos con una memoria programable diseñados para almacenar instrucciones lógicas, secuenciales, temporizadas

y de conteo utilizadas en la automatización industrial. En esencia, se trata de computadoras de uso industrial (Ortiz, 2018, citado en Ordoñez Viñan y Pancha, 2021).

Los PLC en la automatización industrial han experimentado avances en los últimos años, impulsados por innovaciones tecnológicas que han transformado los procesos de manufactura y producción. De este modo, la educación en automatización industrial demanda un abordaje integral que contemple tanto la adquisición de conocimientos técnicos como el desarrollo de habilidades prácticas y el entendimiento de nuevas tendencias tecnológicas. Según un estudio reciente, la incorporación de simuladores y tecnologías avanzadas en la enseñanza técnica contribuye en forma significativa al fortalecimiento de las competencias de los estudiantes (Echever *et al.*, 2024).

En la Tabla 1 se presenta la retícula de la carrera de Técnico superior universitario en Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Altamira, del plan de estudios vigente desde 2015 (Universidad Tecnológica de Altamira, 2024). En ella, antes de cursar la materia de PLC en el tercer cuatrimestre, indicada en rojo, se observa en un marco violeta que se cursan asignaturas de formación como Electricidad y magnetismo, Herramientas informáticas y Procesos productivos, además de asignaturas tecnológicas como Circuitos eléctricos, Sistemas hidráulicos y neumáticos, Electrónica analógica y Control de motores. En el tercer cuatrimestre, junto con la asignatura de PLC se cursan Electrónica digital y Sistemas mecánicos, indicadas en azul. En las asignaturas previas a la de PLC, los estudiantes adquieren una formación teórica relacionada con ese tema, como herramientas informáticas o fundamentos de electricidad y magnetismo, que ayudan al alumno a comprender los principios de operación de diversos componentes eléctricos y a buscar soluciones a problemas de programación específicos, las aplicaciones en las que se requerirán los PLC, al igual que los conocimientos sobre cómo hacer una conexión eléctrica en corriente directa o corriente alterna, qué es y cómo se construye una fuente de alimentación variable o fija en el caso de electrónica analógica, y todo lo referente a válvulas neumáticas y electroneumáticas. Las asignaturas que se llevan en el mismo cuatrimestre complementan las aplicaciones de los PLC y, como se discute en el presente trabajo, se refuerzan con el método de enseñanza propuesto más adelante.

► **Tabla 1** Retícula de la carrera de TSU en Mecatrónica, área de Automatización.

Cuatrimestre	1º.	2º.	3º.	4º.	5º.
Ciencias básicas aplicadas	Álgebra lineal 90 hrs	Funciones matemáticas 60 hrs	Cálculo diferencial 60 hrs	Cálculo integral 60 hrs	
	Física 60 hrs	Química básica 75 hrs	Probabilidad y estadística 75 hrs	Estructura y propiedades de los materiales 45 hrs	
	Electricidad y magnetismo 45 hrs		Termodinámica 45 hrs		
Formación tecnológica	Herramientas informáticas 60 hrs	Circuitos eléctricos 45 hrs	Controladores lógicos programables 90 hrs	Instrumentación industrial 60 hrs	Integradora II 30 hrs
	Procesos productivos 45 hrs	Sistemas hidráulicos y neumáticos 90 hrs	Electrónica digital 75 hrs	Análisis de circuitos eléctricos 75 hrs	Programación visual 75 hrs
	Elementos dimensionales 60 hrs	Electrónica analógica 90 hrs	Sistemas mecánicos 60 hrs	Dispositivos digitales 45 hrs	Integración de sistemas automáticos 75 hrs
		Control de motores I 60 hrs	Integradora I 30 hrs	Leguaje de programación 45 hrs	Microcontroladores 90 hrs
				Dispositivos analógicos 90 hrs	Fundamentos de instrumentación virtual 75 hrs
					Sistemas de control 45 hrs
Lenguas y métodos	Inglés I 60 hrs	Inglés II 60 hrs	Inglés III 60 hrs	Inglés IV 60 hrs	Inglés V 60 hrs
	Expresión oral y escrita I 75 hrs				Expresión oral y escrita II 75 hrs
Habilidades gerenciales	Formación sociocultural I 30 hrs	Formación sociocultural II 45 hrs	Formación sociocultural III 30 hrs	Formación sociocultural IV 45 hrs	
Totales	525 hrs	525 hrs	525 hrs	525 hrs	525 hrs

Dada la necesidad de mejorar la comprensión y el rendimiento académico de los estudiantes en este campo, nuestro estudio presenta resultados obtenidos a partir de dos grupos de experimentación. El primer grupo recibió una enseñanza tradicional centrada en lo memorístico, con programación en diagrama de escalera usando componentes individuales. El segundo grupo, en cambio, empleó el aprendizaje significativo mediante estación modular MPS, que integra diversos componentes tanto de forma individual como conjunta, permitiendo a los estudiantes desarrollar sus conocimientos de manera gradual con el software de programación CODESYS (Universidad Tecnológica de Altamira, 2024).

Impartición de la asignatura de PLC en la UTA: el enfoque tradicional frente al aprendizaje significativo

En la asignatura de PLC, impartida de forma tradicional, el curso comienza con una introducción teórica que abarca definición, funcionamiento y aplicaciones en la industria. Los estudiantes exploran la arquitectura del dispositivo, las interfases de entradas-salidas (E/S) y la programación, la cual se realiza ante todo a través de simulaciones. Este enfoque fomenta una actitud pasiva, centrada en la memorización de conceptos y procedimientos preestablecidos, lo que limita el desarrollo de habilidades analíticas y de resolución de problemas en un contexto industrial.

Además, el laboratorio de automatización en la UTA solo cuenta con dos dispositivos PLC que trabajan a 70% de su capacidad, con ello los alumnos tienen acceso restringido a una práctica real. Esto limita la consolidación de los conocimientos, ya que lo explicado de manera simulada en el aula no relaciona de modo adecuado los conceptos con la experiencia real de armado y configuración de prácticas, tales como el control de actuadores, sistemas automatizados y de transporte. La evaluación se realiza mediante exámenes teórico-prácticos y proyectos en equipo.

Por otra parte, con la integración de las estaciones MPS y el entorno de programación CODESYS se estructura la clase bajo un enfoque del aprendizaje significativo. Esto implica que, antes de abordar los nuevos contenidos, se activan y conectan los conocimientos previos de los alumnos mediante la asimilación y la estructuración de la información de forma jerárquica. Así, la teoría se integra de manera dinámica con la práctica: las clases combinan simulaciones en el aula con ejercicios prácticos en el laboratorio. Los estudiantes tienen la oportunidad de programar y conectar componentes reales en las estaciones, lo que fortalece su comprensión técnica y su capacidad para diagnosticar y solucionar problemas en contextos automáticos.

Este cambio de método no solo fomenta una participación activa, sino que también estimula el trabajo en equipo y el manejo de tecnologías innovadoras. Por tanto, a diferencia del enfoque tradicional, donde se enfatiza la memorización, en este modelo de aprendizaje significativo se vincula cada concepto a experiencias previas y contextos prácticos,



favoreciendo una transferencia efectiva de conocimientos a entornos laborales. Además, la integración de materias complementarias, entre ellas Motores eléctricos, Sistemas eléctricos y neumáticos (SEyN), Electrónica digital y Sistemas mecánicos, refuerza esta conexión y prepara a los alumnos para enfrentar desafíos reales en la industria.

Metodología

Este estudio utiliza un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por recolectar y analizar datos numéricos. Esto permite realizar comparaciones y obtener conclusiones basadas en patrones medibles. Para ello se utilizan un diseño y método estructurado que implica manipular variables para observar su efecto en los resultados y puede ser descriptiva, correlacional, experimental, comparativa o causal (Jiménez, 2020).

En este caso, se combinó un diseño descriptivo y comparativo: el diseño descriptivo permite explorar y entender los conocimientos previos de los alumnos sobre PLC y SHyN a través de una encuesta inicial. Por otro lado, el enfoque comparativo permite contrastar dos métodos de enseñanza: el tradicional y el aprendizaje significativo.

La población de estudio está compuesta por estudiantes de Mecatrónica inscritos en la UTA.

Se seleccionó una muestra de 50 alumnos mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, quienes de forma previa cursaron la materia de SHyN. Se aplicó una encuesta para identificar los conocimientos previos sobre PLC y SHyN. Las preguntas de la encuesta fueron cerradas, lo que permitió obtener datos cuantificables sobre el nivel de conocimiento de los estudiantes antes de iniciar el curso de PLC. La encuesta permitió identificar la distribución de los conocimientos previos y establecer las bases para la comparación entre los métodos de enseñanza. En la Tabla 2 se presentan los resultados de la encuesta que se aplicó a los alumnos que cursaron la materia de PLCs en el cuatrimestre mayo-agosto de 2023 y que ya habían cursado SHyN.

► **Tabla 2** Encuesta previa a la impartición de la asignatura de PLCs.

¿Tienes conocimientos sobre PLC y Sistemas hidráulicos y neumáticos?	Respuesta
Sí	5
No	34
Uno de los temas	10
No contestaron	1

Se observa que 34 alumnos no tienen conocimiento sobre ninguno de los temas, cinco están al tanto de ambos, diez conocen solo uno de los temas, y un estudiante se abstuvo de contestar. Los resultados indican que los alumnos no relacionaban los conocimientos recibidos en la asignatura SHyN ya cursada con la asignatura de PLC que iban a cursar, y tampoco tenían nociones previas de PLC. De este modo, a un grupo de alumnos se le impartió la asignatura de PLC utilizando el método tradicional y al segundo grupo se aplicó el método de

aprendizaje significativo. En ambos casos se requirieron cuatro horas de práctica por semana en el laboratorio de automatización en el área de Mecatrónica. Antes de comenzar con el método, se les explicó el funcionamiento de los elementos neumáticos a ambos grupos.

Al grupo que mostró un aprendizaje de tipo memorístico, sin vincular elementos cognitivos previos, se le asignaron prácticas siguiendo el método tradicional. Para ello trabajaron de manera aislada con un relevador Zelio, actuadores neumáticos y sensores, sin hacer uso de las estaciones MPS. En contraste, al grupo que aplicó un método de aprendizaje significativo se le presentó el desafío de trabajar con la estación MPS de distribución en el laboratorio de automatización.

La estación MPS es un módulo automatizado diseñado para la distribución de objetos que combinan sensores y actuadores controlados por un PLC (Benton, 2008: 22). La estación posee la relación de terminales de entrada conectadas a los puertos del PLC, como se muestra en la Tabla 3; la Tabla 4 incluye la relación con las terminales de salida, actuadores, lámparas y válvulas con solenoides desde los puertos del PLC.

► **Tabla 3** Relación de terminales de entrada en el PLC.

Entradas de la estación MPS de distribución			
Entradas	Nombre	Tipo	Etiqueta
%IX2.0	Interruptor de inicio	NO	P1
%IX2.1	Paro	NC	P2
%IX2.2	Automático/manual	Llave	P3
%IX2.3	Reiniciar	NO	P4
%IX2.4	I4	Libre	Libre
%IX2.5	I5	Libre	Libre
%IX2.6	I6	Libre	Libre
%IX2.7	I7	Libre	Libre
%IX4.1	Sensor cilindro fuera		1B2
%IX4.2	Sensor cilindro adentro		1B1
%IX4.3	Interruptor de vacío		2B1
%IX4.4	Interruptor tix entrada		3B1
%IX4.5	Interruptor rotix salida		3B2
%IX4.6	Sensor retroreflexión		B4
%IX4.7	Sensor próxima estación		IP_F1

► **Tabla 4** Relación de terminales de salida en el PLC.

Salidas de la estación MPS de distribución			
Salidas	Nombre	Tipo	Etiqueta
%QX0.0	Led comienzo	NO	L1
%QX0.1	Led de botón apagado	NC	L2
%QX0.2	Lamp Q1	Llave	Q1
%QX0.3	Lamp Q2	NO	Q2
%QX0.4	Salida Q4 + Led	Libre	
%QX0.5	Salida Q5 + Led	Libre	
%QX0.6	Salida Q6 + Led	Libre	
%QX0.7	Salida Q7 + Led	Libre	
%QX2.0	Válvula selenoide empuja	M 161 414	1M1
%QX2.1	Válvula selenoide succiona	E 185 865	2M2
%QX2.2	Válvula selenoide expulsa	E 185 865	2M1
%QX2.3	Válvula selenoide AG	N 161 417	3M1
%QX2.4	Válvula selenoide DS	N 161 417	3M2
%QX2.5	Libre	Libre	Libre
%QX2.6	Libre	Libre	Libre
%QX2.7	Libre	Libre	Libre

En la figura 1 se distribuyen los componentes de la estación MPS.

- Figura 1A: muestra el interruptor de encendido y apagado del PLC que se utiliza para energizar y desenergizar el dispositivo, permitiendo iniciar o detener el sistema de manera segura.
- Figura 1B: se observa la fuente de alimentación de voltaje de corriente continua, la cual proporciona el voltaje necesario para el correcto funcionamiento del PLC y los sensores, asegurando una alimentación estable y adecuada para todos los dispositivos conectados.
- Figura 1C: muestra el PLC junto con sus módulos de entrada y salida, donde se integran y procesan las señales provenientes de los sensores y se envían las órdenes a los actuadores, evidenciando la estructura modular que facilita la expansión y el mantenimiento del sistema.
- Figura 1D: ilustra cómo configurar el modo *run* y *stop* del equipo, mostrando claramente la interfaz y los indicadores visuales que ayudan en la identificación del estado actual del sistema durante la operación.
- Figura 1E: muestra el almacén de piezas, de donde las mismas caen por gravedad para ser transportadas a otra ubicación en la estación MPS, lo que garantiza un flujo continuo y automatizado de materiales a lo largo del proceso productivo.
- Figura 1F: ofrece una vista del tablero de control de la estación MPS, que permite poner en marcha, detener y restablecer el

sistema, integrando controles intuitivos y protegidos que facilitan la supervisión y la intervención manual en caso necesario.

- ▶ Figura 1G: muestra el conector al cual son conectados los sensores y válvulas de control de la estación MPS, proporcionando una interfaz robusta que garantiza la integridad de las señales y la fiabilidad en la operación de la automatización.
- ▶ Figura 1H: ejemplifica el funcionamiento del brazo giratorio, encargado de tomar las piezas del almacén y trasladarlas a la siguiente estación de trabajo, destacando su precisión y capacidad para operar en sincronía con el resto de los componentes del sistema.
- ▶ Figura 1I: presenta la unidad de mantenimiento, responsable de filtrar el aire y regular la presión suministrada a la estación MPS, lo que es crucial para preservar el ambiente operativo y asegurar que los componentes funcionen dentro de los parámetros óptimos establecidos para la automatización.

▶ **Figura 1** Fotos estación didáctica de producción modular para la distribución de objeto.



Figura 1A Interruptor de encendido del PLC.



Figura 1B Fuente de alimentación del PLC.

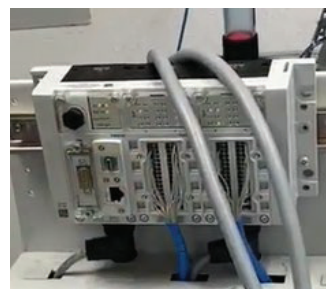


Figura 1C Módulos de PLC.

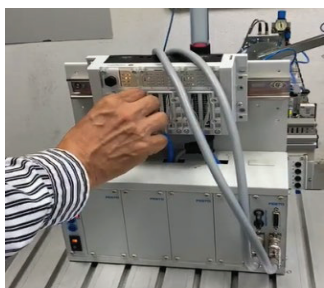


Figura 1D Modos run y stop del PLC.



Figura 1E Almacén de piezas.



Figura 1F Tablero de control de la estación MPS.



Figura 1G Conector de entradas y salidas.



Figura 1H Brazo giratorio de la estación MPS.

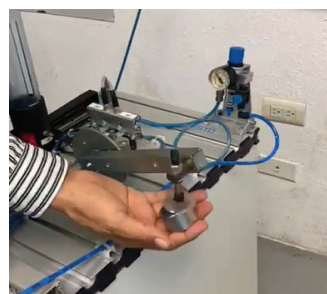
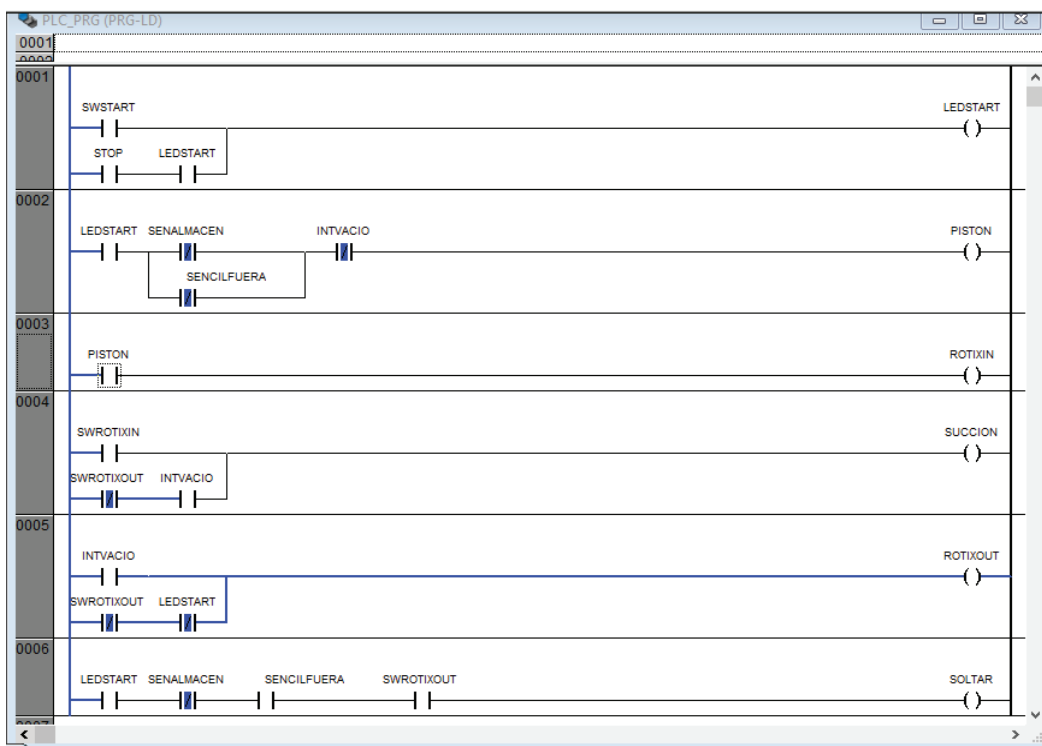


Figura 1I Alimentación de aire comprimido.

El software de automatización CODESYS, basado en el estándar IEC 61131-3, es de amplio uso en la automatización industrial (sobre todo en Europa) para programar el PLC. Una vez instalado en la computadora, se desarrolló un programa en lenguaje de escalera que define las acciones de los actuadores y las señales necesarias para el proceso automatizado. En la figura 2 se presenta la imagen.

► **Figura 2** Programa en diagrama de escalera para definir acciones y señales.



Resultados

A continuación se presenta el cuestionario aplicado a los estudiantes al finalizar el curso, diseñado como un instrumento de evaluación de conocimientos y actitudes. Este cuestionario se concentra en el uso de software para programar PLC en lenguaje de escalera y se diseñó para evaluar tres dimensiones clave: nivel de conocimiento previo; interés o disposición hacia el aprendizaje, y reconocimiento de beneficios y herramientas asociadas.

Estas dimensiones son cruciales para determinar el éxito del método de aprendizaje significativo, ya que no basta con comprobar si los estudiantes pueden memorizar o reproducir procedimientos. El aprendizaje significativo, según Ausubel, se basa en la integración activa de nueva información con el acervo cognitivo preexistente, promoviendo una comprensión profunda y un alto grado de motivación. Por ello, examinar el interés o disposición hacia el aprendizaje y la percepción de los beneficios y herramientas no solo mide la asimilación de contenidos, sino también la motivación, la relevancia que otorgan los estudiantes a lo aprendido y su disposición a aplicar estos conocimientos en contextos reales.

Al final del curso el cuestionario se aplicó a ambos grupos, para comparar el nivel de apropiación y la calidad del aprendizaje adquirido, atendiendo de manera específica al hecho de si los estudiantes lograron conectar la teoría con la práctica y desarrollar habilidades de análisis y resolución de problemas. En ese sentido, los resultados derivados del cuestionario constituyen uno de los indicadores más relevantes para valorar la eficacia del aprendizaje significativo frente al enfoque tradicional, al reflejar tanto la adquisición de conocimientos técnicos como la actitud y la predisposición de los estudiantes a seguir profundizando en la materia.

Por sus características, las cuestiones pueden clasificarse como una evaluación técnica que incluye respuestas cerradas con opciones en escala ordinal (mucho, regular, poco y nada), que permiten medir cuantitativamente las percepciones y conocimiento de los participantes. Al final del curso se aplicó a ambos grupos para ver el grado de apropiación de los conocimientos impartidos.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de los treinta alumnos del grupo al que se le impartió la asignatura de manera tradicional. Estos resultados están relacionados con siete aspectos clave de la asignatura. En la primera pregunta se observa que todos los estudiantes desconocen la forma de programar lenguaje de escalera con PLC. En cuanto a la segunda pregunta, se muestra que todos los estudiantes muestran un interés significativo por adquirir este conocimiento. En la tercera pregunta los alumnos no están familiarizados con los métodos de depuración y solución de errores, lo que refleja una falta de conocimiento en esta área. En la cuarta cuestión los estudiantes identifican los tipos de dispositivos que se suelen controlar mediante la programación de PLC, lo cual indica una comprensión básica de la función de los PLC en la automatización. Sin embargo, en la quinta cuestión los estudiantes aún no son capaces de reconocer las ventajas de programar en lenguaje de escalera, y esto sugiere que todavía no han desarrollado una apreciación profunda por este enfoque de programación.



En la sexta cuestión se observa que los alumnos no comprenden las herramientas de simulación para probar sus programas de PLC, lo que restringe la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos. Por último, en la séptima pregunta menos de la mitad del grupo es capaz de identificar ejemplos de aplicación industrial utilizando software de programación en PLC, lo que evidencia una brecha entre el dominio teórico y su transferencia a contextos reales.

► **Tabla 5** Resultados de preguntas trabajado con grupo tradicional.

Preguntas realizadas en encuesta con aplicación de método tradicional	Mucho	Regular	Poco	Nada
1 ¿Dominas la programación en lenguaje de escalera utilizando software para PLC?	0	0	0	30
2 ¿Te gustaría profundizar en la programación utilizando lenguaje de escalera?	30	0	0	0
3 ¿Estás familiarizado con la manera en que se depuran y solucionan errores en la programación de PLC en lenguaje de escalera?	0	0	0	30
4 ¿Conoces qué tipos de dispositivos y componentes suelen ser controlados mediante la programación en lenguaje de escalera en un entorno PLC?	8	14	8	0
5 ¿Conoces las ventajas de programar en lenguaje de escalera utilizando el software de PLC que empleas?	0	0	0	30
6 ¿En qué medida consideras que las herramientas de simulación te permiten probar los programas de lenguaje de escalera antes de cargarlos en el PLC?	0	0	0	30
7 ¿Puedes identificar y describir ejemplos de aplicación industrial con el PLC utilizando el software de programación correspondiente?	0	7	2	21

El mismo cuestionario fue aplicado a 27 alumnos del grupo que trabajó con la estación MPS. En los resultados obtenidos de las preguntas 1, 2, 3 y 4 se observa que la mayoría de los estudiantes tienen conocimiento básico sobre PLC, muestran interés por aprender más sobre el tema, están familiarizados con la solución de errores y reconocen los dispositivos que suelen ser controlados mediante la programación de PLC. Estos resultados sugieren una base sólida de conocimientos previos y una disposición positiva hacia el aprendizaje en esta área. Por otro lado, en las preguntas 5, 6 y 7 los resultados son más contundentes. Los estudiantes demuestran tener conocimiento claro sobre las ventajas de programar en lenguaje de escalera, están familiarizados con las herramientas de simulación que permiten probar los programas en este lenguaje y, por último, son capaces de identificar ejemplos de aplicaciones industriales en las que se utiliza un PLC, apoyados por software de programación. Esto refleja no solo la comprensión teórica

de los estudiantes, sino también una mayor capacidad para conectar sus conocimientos con aplicaciones prácticas en la automatización industrial. Los resultados del cuestionario se presentan en la Tabla 6.

► **Tabla 6** Cuestionario aplicado al grupo que utilizó la estación MPS.

Preguntas realizadas en encuesta con aplicación de método experimental aprendizaje significativo	Mucho	Regular	Poco	Nada
1 ¿Dominas la programación en lenguaje de escalera utilizando software para PLC?	15	9	2	1
2 ¿Te gustaría profundizar en la programación utilizando lenguaje de escalera?	26	1	0	0
3 ¿Estás familiarizado con la manera en que se depuran y solucionan errores en la programación de PLC en lenguaje de escalera?	23	3	1	0
4 ¿Conoces qué tipos de dispositivos y componentes suelen ser controlados mediante la programación en lenguaje de escalera en un entorno PLC?	10	7	5	5
5 ¿Conoces las ventajas de programar en lenguaje de escalera utilizando el software de PLC que empleas?	18	9	0	0
6 ¿En qué medida consideras que las herramientas de simulación te permiten probar los programas de lenguaje de escalera antes de cargarlos en el PLC?	15	10	1	1
7 ¿Puedes identificar y describir ejemplos de aplicación industrial con el PLC utilizando el software de programación correspondiente?	16	8	2	1

En el grupo donde se trabajó de forma tradicional los resultados sugieren que tienen poco o ningún conocimiento sobre la programación en lenguaje de escalera en PLC, pero tienen un alto interés en aprender. Además, hay una diversidad en el conocimiento sobre los dispositivos controlados por PLC y la identificación de aplicaciones industriales, pero la mayoría de encuestados no están familiarizados con las ventajas de esta programación ni con las herramientas de simulación disponibles. En comparación con el grupo tradicional, el grupo que recibió el enfoque de aprendizaje significativo parece tener un conocimiento más sólido y un mayor interés en la programación en lenguaje de escalera con PLC y en su aplicación en entornos industriales. Esto indica que el aprendizaje significativo tiene un impacto positivo en la comprensión y la motivación de los encuestados en este tema.

A continuación, se hace un análisis estadístico de los resultados para cada pregunta realizada en ambas encuestas.

Como se puede observar en la pregunta 1, existe una mayor frecuencia de respuestas “Mucho” en el aprendizaje significativo que, en el tradicional, así mismo una presencia de más respuestas “Poco” en el método tradicional, de lo cual se infiere que el método de aprendizaje significativo trae mayores beneficios que el tradicional cuando se trata de aprender a programar en lenguaje de escalera.

Pregunta 1	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Dominas la programación en lenguaje de escalera utilizando software para PLC?	Tradicional	0	0	0	100
	Significativo	56	33	7	4

Por otro lado, ambos grupos muestran un porcentaje de interés muy similar por profundizar en la programación en escalera en la respuesta “Mucho” de la pregunta 2, esto puede deberse a que el lenguaje de programación en escalera continúa siendo de gran aplicación en la automatización industrial.

Pregunta 2	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Te gustaría profundizar en la programación utilizando lenguaje de escalera?	Tradicional	100	0	0	0
	Significativo	96	4	0	0

En la pregunta 3 notamos un porcentaje mayor en la respuesta “Mucho” del método significativo sobre el tradicional, y ciento por ciento en “Poco” del método tradicional, lo cual indica que en el aprendizaje significativo la mayoría está familiarizado con la forma de depurar y solucionar errores en la programación con PLC.

Pregunta 3	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Estás familiarizado con la manera en que se depuran y solucionan errores en la programación de PLC en lenguaje de escalera?	Tradicional	0	0	0	100
	Significativo	85	11	4	0

En la pregunta 4 se aprecia que el método significativo obtuvo 37% frente a 27% del método tradicional. Esto indica que un mayor porcentaje de personas encuentra que el aprendizaje significativo tiene un impacto considerable en su experiencia educativa. Mientras que el método significativo obtuvo 18% en la categoría “Nada”, el método tradicional no presenta respuesta en esta categoría, destacando el aprendizaje significativo por fomentar un enfoque más comprensivo y reflexivo.

Pregunta 4	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Conoces qué tipos de dispositivos y componentes suelen ser controlados mediante la programación en lenguaje de escalera en un entorno PLC?	Tradicional	27	46	27	0
	Significativo	37	26	19	18

Continuando con el análisis de la pregunta 5, se observa que en el método significativo la respuesta “Mucho” arroja 67%, indicando que este método les permitió conocer ampliamente las ventajas del software de PLC, lo que implica una mejor comprensión y capacidad de aplicación. Por otro lado, en la respuesta “Nada” del método tradicional dio 100%, deduciendo con estos resultados que el método tradicional no les permitió conocer las ventajas de programar en lenguaje de escalera.

Pregunta 5	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Conoces las ventajas de programar en lenguaje de escalera utilizando el software de PLC que empleas?	Tradicional	0	0	0	100
	Significativo	67	33	0	0

En la respuesta mucho (55%) de la pregunta 6 del método significativo, más de la mitad de los participantes consideran que este método les permitió comprender y utilizar herramientas de simulación, a diferencia de 100% en la respuesta “Nada”, lo cual evidencia que el método tradicional no aborda eficazmente esta necesidad.

Pregunta 6	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿En qué medida consideras que las herramientas de simulación te permiten probar los programas de lenguaje de escalera antes de cargarlos en el PLC?	Tradicional	0	0	0	100
	Significativo	55	37	4	4

Por último, en la pregunta 7 se observa que en el método significativo la mayoría es capaz de identificar y describir ejemplos de aplicación industrial con el PLC, mientras que en el método tradicional la respuesta “Nada” nos indica que 70% no es capaz de hacerlo.

Pregunta 7	Método	Mucho	Regular	Poco	Nada
¿Puedes identificar y describir ejemplos de aplicación industrial con el PLC utilizando el software de programación correspondiente?	Tradicional	0	23	7	70
¿Puedes identificar y describir ejemplos de aplicación industrial con el PLC utilizando el software de programación correspondiente?	Significativo	59	30	7	4

Los resultados obtenidos en este estudio permiten poner en evidencia las ventajas del aprendizaje significativo sobre el método tradicional en la enseñanza de la programación de PLC en lenguaje de escalera. En un primer momento se identificaron algunas restricciones para impartir la asignatura que limitaban el desarrollo de competencia prácticas en los alumnos, entre ellas la falta de recursos tecnológicos adecuados (como software especializado y herramientas de simulación) que dificultaban tanto el aprendizaje como la aplicación práctica, dejando a los estudiantes con un conocimiento fragmentado y esencialmente teórico. Sin embargo, la implementación del módulo de distribución MPS y la reutilización de una estación en desuso disponible en la institución proporcionaron avances significativos en la enseñanza de esta disciplina.

Discusión

Los resultados de estudio confirman la relevancia de los simuladores de PLC como una herramienta eficaz para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en sistemas digitales, coincidiendo con los hallazgos reportados en investigaciones previas. De manera particular, nuestros hallazgos acerca de la reducción en la tasa de reprobación y la facilitación de aprendizajes significativos guardan coherencia con lo descrito por Barradas-Arenas *et al.* (2023), quienes destacan que los simuladores contribuyen a la generación de entornos de aprendizaje más flexibles, sobre todo en contextos con acceso limitado a laboratorios físicos.

Asimismo, la evidencia de que los estudiantes muestran mejoras en sus habilidades prácticas y en su capacidad de innovación concuerda con lo planteado por Wang *et al.* (2020) al integrar el modelo CDIO (concebir, diseñar, implementar y operar) en un laboratorio virtual de PLC. Dichos autores observaron un incremento en la motivación y en la capacidad de los alumnos para resolver problemas de ingeniería de manera colaborativa, lo cual se asemeja al efecto observado en esta investigación, donde la experiencia práctica mediante simulación potenció el interés y la participación de los estudiantes.

En cuanto al desempeño académico, nuestros datos son consistentes con los aportes de Naga, Kota y Venkataraman (2021), quienes reportaron mejoras significativas en los niveles de aplicación, análisis, síntesis y evaluación en estudiantes que accedieron a laboratorios de simulación. En la presente investigación, el grupo que trabajó con simuladores también mostró un dominio más profundo de los conceptos teóricos, lo cual se tradujo en un mejor desempeño en evaluaciones prácticas y teóricas. Esto refuerza la hipótesis de que la práctica guiada en entornos virtuales, alineada con los contenidos curriculares, pueden tener un impacto directo en el rendimiento académico.

Por último, es relevante mencionar el trabajo de Gomis Bellmunt *et al.* (2006), quienes desarrollaron un laboratorio virtual de automatización de procesos químicos para la enseñanza de programación de PLC, evidenciando mejoras en la comprensión y aplicación de los conceptos industriales. De forma similar, nuestros resultados sugieren que el uso de simuladores de PLC facilita la vinculación de la teoría con

la práctica, permitiendo a los alumnos visualizar procesos complejos y afianzar habilidades de programación.

La implementación de un enfoque basado en aprendizaje significativo, respaldado por recursos tecnológicos de punta como software CODESYS y la estación MPS han permitido transformar la forma de abordar la enseñanza de la programación de PLC en lenguaje de escalera. Este modelo facilitó la transición del entorno teórico del aula hacia escenarios de simulación práctica, creando así un proceso formativo integral y dinámico.

Este modelo didáctico no solo enriqueció la asimilación de conceptos técnicos, también promovió el desarrollo de competencias como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, características fundamentales en el ámbito de la automatización industrial. En contraposición, el método tradicional resultó limitado para articular el conocimiento teórico con su aplicación práctica, lo que condujo a un aprendizaje menos profundo y a una menor retención de los contenidos. Así, los resultados favorecen la eficacia del aprendizaje significativo en comparación con los métodos convencionales.

Conclusiones

Las restricciones iniciales que tenía la impartición de la asignatura eran no contar con recursos tecnológicos, de software y conexión para entablar una comunicación con el PLC, ya que se utilizaba un relevador Zelio donde se contaba con todos los componentes de entrada/salida, pero existía incompatibilidad en lo referente a niveles de voltaje del PLC, elevando el riesgo de provocar errores de conexión, con potencial corto circuito y daño permanente a los equipos; tampoco se trabajaba ni se conocía el software de programación CODESYS; sin embargo, al poner en operación el módulo de distribución, aprovechando una estación en desuso que había en la institución, se logró reforzar el conocimiento con la programación de los PLC en CODESYS usando un lenguaje de programación más aceptados, ya que los estudiantes tuvieron un contacto interactivo pasando del aula a la simulación y luego a la práctica. Los equipos de entrada/salida en un entorno controlado, antes de hacer una comunicación con la estación, permite a los estudiantes detectar de forma correcta cada elemento e identificarlo con una dirección, para luego tomar decisiones en cuanto a la estación que estaban automatizando y de este modo solucionar un problema real, lo que crea un vínculo entre el aprendizaje teórico y la aplicación práctica del conocimiento adquirido durante la experiencia. En el caso del método tradicional, se comprobó que a los estudiantes les cuesta trabajo relacionar las asignaturas ya cursadas con lo que se espera de la nueva asignatura, lo que conduce a un conocimiento incompleto.

En este trabajo se compararon dos métodos para impartir la asignatura de PCL en la carrera de Mecatrónica, área automatización, de la UTA. El método tradicional comprende la descripción de los conceptos, la elaboración de trabajos y el uso de un relevador analógico como ejemplo; el método de aprendizaje significativo se llevó a cabo proponiendo al grupo la puesta en operación de una estación MPS mediante un PLC y el entorno de programación CODESYS. Se demostró que los estudiantes



en el método tradicional no conectan los conocimientos adquiridos en las asignaturas previas, por lo cual no relacionan estos conocimientos con los recibidos en la asignatura de PLC. A su vez, el uso del aprendizaje significativo resultó efectivo para mejorar el conocimiento y la motivación de los participantes en relación con la programación de PLC y su aplicación en entornos industriales; esto respalda la idea de que estrategias de enseñanza más activas y participativas son beneficiosas para el aprendizaje de habilidades técnicas. La utilización de una estación MPS de distribución ofrece importantes ventajas en el proceso de asimilación y aprendizaje con el uso de software de simulación y programación, incluyendo mayores oportunidades de aprendizaje y entrenamiento. El uso del aprendizaje significativo en la Universidad Tecnológica de Altamira mostró un progreso en el aprovechamiento académico de los estudiantes. Los resultados en este grupo indican una relación de los conocimientos previos enlazados con el método de aprendizaje propuesto, con lo cual fueron reforzando los saberes. Se propone continuar explorando este método en el proceso enseñanza-aprendizaje de otros módulos de la carrera para trabajos futuros.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- Abad, A. (2022). Psicogénesis y aprendizaje significativo. *Tempus Psicológico*, 5(1), 50-64, <https://doi.org/10.30554/tempuspsi.5.1.3595.2022>
- Azar, E. (2023). Pareja educativa y modalidad de aprendizaje. *Diálogos Pedagógicos*, 21(41), 67-91. [https://doi.org/10.22529/DP.2023.21\(41\)04](https://doi.org/10.22529/DP.2023.21(41)04)
- Barradas-Arenas, U. D., Cocón-Juárez, J. F., Pérez- Cruz, D. y Vázquez-Aragón, M. del R. (2023). El impacto de los simuladores en el aprendizaje de los sistemas digitales. *Revista Docentes 2.0*, 16(1), 67-76. <https://doi.org/10.37843/rtd.v16i1.350>
- Banton Nájera, A. (2008). *Sistema de control y supervisión de las estaciones de distribución y clasificación MPS® FESTO (Informe de proyecto de graduación)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Electrónica. Disponible en línea: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/663/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bravo, O., Chéncho, R., Chávez, E. y Yanchapaxi, N. (2022). Pedagogía activa: incidencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje generados en contextos de educación superior. *Prohominum*, 4(1), 219-239. <http://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0112>



- Cárdenas, G. (2021). El mapa conceptual como estrategia pedagógica en el aprendizaje de conceptos disciplinares de economía. *Revista Docentes 2.0*, 11(1), 74-79. <https://doi.org/10.37843/rtd.v11i1.194>
- Castro, R., Saldaña, O. y Bustamante, N. (2022). Principios psicológicos cognitivos viables en la praxis educativa. *Delectus*, 5(2), 29-38. <https://doi.org/10.36996/DELECTUS.V5I2.181>
- Echever, B., Astudillo, G. y Morales, M. (2024). Caracterización de la perspectiva sociológica, tecnológica y metodológica del proceso de automatización industrial. *Ciencia Latina: Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 1660-1670. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5
- Ferreira, M., Sempere O. y Reis, J. (2019). El profesorado como mediador cognitivo y promotor de un aprendizaje significativo. *Revista Educación*, 43(2), 275-314. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/37269>
- Gomis Bellmunt, O., Montesinos Miracle, D., Bergas Jané, J. y Sudrià Andreu, A. (2007). A chemical process automation virtual laboratory to teach PLC programming. *The International Journal of Engineering Education*, 23(2), 403-410.
- Halanoca Puma, D. (2024). Aprendizaje significativo en la educación superior. *Horizontes. Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 8(34), 1714-1726. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v8i34.828>
- Jasti, N.V.K., Kota, S. y Venkataraman, P.B. (2021), An impact of simulation labs on engineering students' academic performance: A critical investigation, *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19 (1), 103-126. <https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2020-0108>
- Jiménez, L. (2021) Impacto de la investigación cuantitativa en la actualidad. *Convergence Tech*, 4(1), 59-68. <https://doi.org/10.53592/convtech.v4i1V.35>
- López, G. y Soler-Gallart, M. (2021). Aprendizaje significativo de Ausubel y segregación educativa. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 11(1), 1-19. <https://doi.org/10.17583/REMIE.0.7431>
- Wang, L., Gao, G., Haolong, X., Wang, J. y Yang, Z. (2020). Exploration and Practice of PLC Virtual Simulation Experiment Teaching Base on CDIO Mode. *Advances in Educational Technology and Psychology*, 4, 94-100. https://www.clausiuspress.com/assets/default/article/2020/08/27/article_1598541549.pdf
- Moreira, M. (2020). Aprendizaje significativo: la visión clásica, otras visiones e interés. *Proyecciones: Revista de Contabilidad y Finanzas* 14, 10-23. <https://doi.org/10.24215/26185474E010>
- National Academy of Engineering. (2005). *Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11338>.
- Novak, J. D. y Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Ordoñez Viñan, M. A. y Pancha Ramos, J. M. (2021). Dispositivos utilizados en ingeniería electrónica para el control de la automatización industrial. *E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar*, 2(6), 10-20. <http://doi.org/10.53734/mj.vol3.id152>
- Universidad Tecnológica de Altamira (2024). Distribución cuatrimestral de TSU en Mecatrónica. Recuperado de: <http://www.utaltamira.edu.mx/tecnico-superior-universitario-en-mecatronica>, el 3 de enero 2025.

Semblanzas

Edgar Uxmal Maya Palacios. Profesor investigador de tiempo completo en Mecatrónica, Energías renovables y Maestría 4.0 en la Universidad Tecnológica de Altamira, con más de 20 años de trayectoria en la enseñanza y la investigación tecnológica. Es presidente del Comité del Reglamento de Ingreso, Promoción y Permanencia del Personal Académico e impulsor de la formación estudiantil con enfoque en la innovación, el pensamiento científico y el desarrollo de soluciones prácticas. Es miembro del SNI y se distingue por su compromiso con proyectos que integran ciencia, educación y sostenibilidad. Ha participado en congresos, publicaciones y colaboraciones interinstitucionales orientadas al avance del conocimiento y la transformación educativa.

Felipe Caballero Briones. Pertenecer al SNI nivel III y es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Líder del Grupo de Materiales y Tecnologías para la Energía, la Salud y el Medio Ambiente en CICATA Altamira. Líder de la Colaboración Interinstitucional del Golfo de México en Materiales y Dispositivos (CIGMMAD), con experiencia en métodos y enfoques para preparar y modificar materiales a base de grafeno, semiconductores y óxidos mediante métodos químicos y electroquímicos simples, entre otros temas de energía, salud, medio ambiente y desarrollo urbano.

Jose Luis Ocampo Casados es ingeniero en electrónica, con maestría en ciencias en ingeniería eléctrica por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Se desempeña como profesor investigador en la carrera de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Altamira. Su trabajo se enfoca en el área de automatización y control, en la que ha contribuido en diversos proyectos, como en el diseño y fabricación de equipo didáctico para el Laboratorio de Automatización. Es coautor del libro *Automatización de aires acondicionados con relevador programable Zelio*.